

## Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers.

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz.

10

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung.

In künftigen Kraftfahrzeug-Bordnetzen kommen neben heute üblichen Blei-Säure-Akkumulatoren auch andere, ebenfalls aus Einzelzellen aufgebaute Energiespeicher zum Einsatz, beispielsweise Nickel-Metall-Hydrid-Speicher, Lithium-Ionen-Speicher und Doppelschichtkondensatoren.

Bei Blei-Säure-Akkumulatoren erfolgt ein Ladungsausgleich zwischen den Einzelzellen des Akkumulators durch mäßiges Überladen des Akkumulators solange, bis schließlich alle Zellen geladen sind.

Aus EP 0 432 639 A2 ist bekannt, bei einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Akkumulatoren einen Ladungsausgleich zwischen einem schwach geladenen Akkumulator und der Gruppe der übrigen Akkumulatoren mittels eines Rechteckgenerators, welcher über einen Transformator mit diesen Akkumulatoren verbunden ist, herbeizuführen.

30

Bei den genannten, neuartigen Energiespeichern ist jedoch die Empfindlichkeit der einzelnen Zellen gegen Überladung bzw. Überspannung ein Problem. Im Gegensatz zu Blei-Säure-Akkumulatoren darf beispielsweise bei einem Lithium-Ionen-Speicher die Ladespannung einer Zelle einen Wert von etwa 4.2V nicht wesentlich übersteigen, da sonst die Gefahr einer Zerstörung

35

oder sogar Entflammung besteht. Bei Doppelschichtkondensatoren beträgt die maximale Ladespannung etwa 2.5 bis 2.7V.

5 Infolge fertigungsbedingter, unterschiedlicher Streuung der Selbstentladung der Zellen werden in einem Zellenstapel die Ladezustände und Zellenspannungen bei längerem Betrieb unterschiedliche Werte annehmen.

10 Ein Problem dabei ist, dass in der Regel nur die Gesamtspannung des Zellenstapels, also des Energiespeichers, als Polspannung erfasst werden kann, nicht aber die Spannung jeder einzelnen Zelle. Es kann also nur "auf Verdacht" periodisch ein Ladungsausgleich durchgeführt werden. Tritt jedoch eine erhöhte Selbstentladung - etwa gegen Lebensende des Energiespeichers - oder ein Fehler in einer Einzelzelle auf, beispielsweise ein Kurzschluss, so kann dieser nicht unmittelbar erfasst werden. Dies kann zur Folge haben, dass sich beim nächsten Ladevorgang die Ladespannung auf weniger Zellen verteilt, so dass Einzelzellen mit einer überhöhten Spannung belastet werden. Dies führt dann zur Zerstörung weiterer Zellen und muss in jedem Fall vermieden werden.

25 Es ist deshalb sehr wünschenswert, die Spannungen der einzelnen Zellen in einem Zellenstapel eines solchen Energiespeichers zu kennen, um entsprechend reagieren zu können.

Die Messung der einzelnen Zellenspannungen ist schwierig, weil nur die unterste Zelle Massebezug hat, also mit Bezug auf Masse (Bezugspotential) erfasst werden kann, während für 30 alle anderen Zellen eine Umsetzung auf Massepotential erforderlich ist, um sie beispielsweise durch den Analog/Digital-Konverter eines Mikrocontrollers erfassen zu können.

35 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Messen der Spannungen der einzelnen Zellen eines Zellenstapels eines Energiespeichers zu schaffen. Es ist auch Aufgabe der Erfin-

dung, ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung anzugeben.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3 gelöst.

10 Ausführungsbeispiele nach der Erfindung werden nachstehend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

15 In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung zur Messung der Zellenspannungen eines aus mehreren Zellen bestehenden Zellenstapels,
- 20 Figur 2 ein Detailschaltbild einer ersten Vorrichtung zur Messung der Spannung einer Einzelzelle,
- Figur 3 Ein- und Ausgangssignale des in der ersten Schaltung verwendeten Differenzverstärkers Diff1,
- 25 Figur 4 Ein- und Ausgangssignale des in der ersten Schaltung verwendeten Synchrongleichrichters Ampl,
- Figur 5 ein Detailschaltbild einer zweiten Vorrichtung mit einem alternativen Synchrongleichrichter Diff2,
- 30 Figur 6 Ein- und Ausgangssignale des in der zweiten Schaltung verwendeten Differenzverstärkers Diff1,
- 35 Figur 7 Ein- und Ausgangssignale des in der zweiten Schaltung verwendeten Synchrongleichrichters Diff2.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers. Dargestellt ist ein Zellenstapel ZS mit in Reihe geschalteten Zellen Z1, Z2 bis Zn  
5 beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers, wobei die Anschlüsse der Zellen (Plus- und Minuspol) herausgeführt sind. Auf weitere Einzelheiten wird weiter unten näher eingegangen.

Die Erfindung wird zunächst anhand einer Vorrichtung zur Spannungsmessung an einer einzelnen Zelle gemäß eines in Figur 2 dargestellten Detailschaltbildes näher erläutert.  
10

Figur 2 zeigt eine Vorrichtung zum Messen der Spannung einer Einzelzelle Z1 des in Figur 1 dargestellten Zellenstapels ZS, beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers mit einer Zellenspannung  $U_z=4.2V$ , deren Minuspol mit Bezugspotential GND verbunden ist.  
15

Parallel zu dieser Zelle Z1 ist eine Reihenschaltung zweier Dioden D1a und D1b angeordnet, die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle Z1 stromleitend sind.  
20

Der Verbindungspunkt der beiden Dioden D1a und D1b ist über einen Kondensator C1 mit dem nichtinvertierenden Eingang a eines Differenzverstärkers Diff1 verbunden.  
25

Eine Referenzschaltung REF weist zwei in Reihe geschaltete Dioden D3 und D4 auf, wobei die Anode der einen Diode - D4 - mit Bezugspotential GND und mit der Katode der anderen Diode - D3 - verbunden ist.  
30

Der Verbindungspunkt der beiden Dioden D3 und D4 ist über einen Kondensator C3 mit dem invertierenden Eingang b des Differenzverstärkers Diff1 verbunden, dessen Ausgang c mit dem Eingang eines Gleichrichters führt, welcher in diesem Ausführungsbeispiel als Synchrondemodulator (Amp1, R1 bis R3 und S1) ausgeführt ist, auf den weiter unten näher eingegangen wird.  
35

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung arbeitet folgendermaßen:

- Von einem Oszillatortakt T1 eines in Figur 2 nicht dargestellten Oszillators werden zwei Wechselstromquellen I1 und I2 gesteuert, wovon die erste Wechselstromquelle I1, zwischen nichtinvertierendem Eingang des Differenzverstärkers Diff1 bzw. dem Kondensator C1 und Bezugspotential GND angeordnet, einen Wechselstrom in den Kondensator C1 einspeist, während die zweite Wechselstromquelle I2, zwischen dem invertierendem Eingang des Differenzverstärkers Diff1 bzw. dem Kondensator C3 und Bezugspotential GND angeordnet, einen Wechselstrom in den Kondensator C3 der Referenzschaltung REF einspeist.
- Die Wechselstromquelle I1 beaufschlagt den Kondensator C1 mit einem rechteckförmigen Wechselstrom von beispielsweise  $\pm 100\mu\text{A}$ . Die Taktfrequenz ist dabei so hoch zu wählen, dass sich der Kondensator während der Periodendauer nicht wesentlich auflädt oder entlädt.
- In den Figuren 3 und 4 sind die Ein- und Ausgangssignale des Differenzverstärkers Diff1 und des Operationsverstärkers Amp1 dargestellt, auf die im Verlauf der Beschreibung Bezug genommen wird.
- Die Signale in den Figuren 3, 4, 6 und 7 sind jeweils in eingeschwungenem Zustand dargestellt.
- Bei positivem Strom wird die Spannung an beiden Anschlüssen des Kondensators C1 so lange ansteigen, bis Diode D1a stromleitend wird; bei negativem Strom wird die Spannung an beiden Anschlüssen des Kondensators C1 so lange absinken, bis Diode D1b stromleitend wird.
- Es entsteht somit eine rechteckförmige Wechselspannung, deren Spitze-Spitze-Wert im eingeschwungenen Zustand der Zellenspannung  $U_z$ , vermehrt um die Durchlassspannungen  $U_d$  der bei-

den Dioden D1a und D1b, entspricht:  $V1 = Uz + 2Ud = 4.2V + 2 \cdot 0.64V = 5.48V = \pm 2.74V$  (siehe Figur 3a).

Die Wechselstromquelle I2 treibt mit gleicher Kapazität ( $C3 =$   
5  $C1$ ) und Stromwert  $\pm 100\mu A$  den Kondensator C3 über die Durchlassspannungen der beiden Dioden D3 und D4. Da diese beiden Dioden mit Bezugspotential GND verbunden sind, beträgt die Wechselspannung hier  $V2 = 0V + 2 \cdot 0.64V = 1.28V = \pm 0.64V$  (siehe Figur 3b). Dies ist die Wechselspannungsreferenz.

10

Im Differenzverstärker Diff1 wird nun die Differenz  $V1 - V2$  gebildet:  $V1 - V2 = 5.48V - 1.28V = 4.2V$ . Da der Differenzverstärker in diesem Ausführungsbeispiel beispielsweise einen Verstärkungsfaktor von "2" hat, erscheint an seinem Ausgang c  
15 eine Wechselspannung von  $8.4V = \pm 4.2V$  (siehe Figur 3c).

Die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers Diff1 wird nun dem Synchrondemodulator Amp1 zugeführt. Dessen Eingangssignal am invertierenden Eingang entspricht dem Ausgangssignal des  
20 Differenzverstärkers Diff1 (Figur 4a = Figur 3c).

Der Synchrondemodulator besteht aus einem Operationsverstärker Amp1, Widerständen R1 bis R4 und einem Kondensator C4. Zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers Amp1 und Bezugspotential GND ist ein Schalter S1 angeordnet, welcher vom Oszillatortakt T1 umgeschaltet wird  
25 (Figur 4b).

Bei geöffnetem Schalter S1 (positive Amplitude des Rechtecksignals) hat der Operationsverstärker Amp1 einen Verstärkungsfaktor von "+1", bei geschlossenem Schalter S1 (negative Amplitude des Rechtecksignals) von "-1". In Figur 4b ist angedeutet, wie Schalter S1 den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers Amp1 periodisch mit Bezugspotential  
30 verbindet und so den Verstärkungsfaktor umschaltet.  
35

Das Ausgangssignal  $V_{\text{a}}$  am Ausgang der Schaltung folgt dem Ausgangssignal des Operationsverstärkers  $\text{Ampl}$ , gefiltert mit einem aus Widerstand  $R_4$  und Kondensator  $C_4$  gebildeten Filter, wodurch etwaige Schaltstörungen eliminiert werden. Das Ausgangssignal  $V_{\text{a}}$  entspricht der Spannung  $U_z$  der Zelle  $Z_1$  und ist am Ausgang des Synchrondemodulators, bezogen auf Bezugspotential GND (bzw. Massepotential, 0V) abgreifbar.

In Figur 5 ist ein weiteres Detailschaltbild, wie in Figur 2 gezeigt, jedoch mit einer alternativen Ausführung eines Synchrondemodulators, bestehend aus den Bauelementen  $\text{Diff}2$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $C_5$  und  $C_6$ , dargestellt.

Die Schaltung von der Zelle  $Z_1$  über die Dioden  $D_{1a}$ ,  $D_{1b}$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ , die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_3$  sowie die Wechselstromquellen  $I_1$  und  $I_2$  bis zum Ausgang c des Differenzverstärkers  $\text{Diff}1$  entspricht der in Figur 2 dargestellten Schaltung. Auch die Eingangssignale an den Eingängen a (Figur 6a) und b (Figur 6b) entsprechen denen nach Figur 3a und 3b.

Das Ausgangssignal am Ausgang c des Differenzverstärkers  $\text{Diff}1$  wird mittels zweier paralleler Schalter  $S_2$  und  $S_3$ , mit dem Oszillatortakt  $T_1$  abwechselnd

- mit einem Kondensator  $C_5$  sowie dem nichtinvertierenden Eingang a eines weiteren Differenzverstärkers  $\text{Diff}2$ , bzw.
- mit einem Kondensator  $C_6$  sowie dem invertierenden Eingang b des weiteren Differenzverstärkers  $\text{Diff}2$  verbunden.

Bei positiver Amplitude des Oszillatortakts  $T_1$  ist Schalter  $S_2$  geschlossen (leitend) und Schalter 3 geöffnet; bei negativer Amplitude des Oszillatortakts  $T_1$  ist Schalter  $S_3$  geschlossen und Schalter 2 geöffnet. Dadurch wird Kondensator  $C_5$  auf den positiven Wert (Figur 7b) und Kondensator  $C_6$  auf den negativen Wert (Figur 7b) des am Ausgang c des Differenzverstärkers  $\text{Diff}1$  erscheinenden Wechselspannungs-Ausgangssignals (Figur 7a = Figur 6c) geladen.

Der weitere Differenzverstärker Diff2 bildet nun die Differenz der beiden an seinen Eingängen a und b anliegenden Gleichspannungen (im Beispiel Figur 7b: +2.10V und -2.10V = 4.20V: Figur 7c), die an seinem Ausgang c als massebezogene Gleichspannung  $V=$ , welche der Zellenspannung  $U_z$  entspricht, abgegriffen werden kann.

Ist in den Figuren 2 und 5 jeweils ein Detailschaltbild zum Messen einer einzigen Zellenspannung dargestellt, um das Verfahren besser erklären zu können, so zeigt Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen einer Vielzahl von Zellenspannungen in einem Zellenstapel eines Energiespeichers.

Dargestellt ist ein Zellenstapel ZS mit in Reihe geschalteten Zellen  $Z_1$ ,  $Z_2$  bis  $Z_n$  beispielsweise eines Lithium-Ionen-Speichers. Parallel zu jeder Zelle ist die Reihenschaltung zweier Dioden  $D_{1a}$ - $D_{1b}$  bis  $D_{na}$ - $D_{nb}$  angeordnet, die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle stromleitend sind.

Die Verbindungspunkte der beiden jeweils einer Zelle zugeordneten Dioden  $D_{1a}$ - $D_{1b}$  bis  $D_{na}$ - $D_{nb}$  sind über je einen Kondensator  $C_1$  bis  $C_n$  zu den Anschlüssen eines Umschalters UM geführt, der sie nacheinander, vom Teilersignal T2 einer Taktsteuerung ST gesteuert, mit seinem Ausgang verbindet.

Die Taktsteuerung ST besteht aus einem Oszillator OSZ, welcher ein Oszillatortaktsignal T1, eine rechteckige Wechselspannung einer bestimmten Frequenz, erzeugt, die mittels eines Frequenzteilers DIV zu einem Teilersignal T2 herabgesetzt wird, um den Umschalter UM nach erfolgter Erfassung der Zellenspannung weiterzuschalten.

Der Umschalter UM muss eine der Anzahl der Zellen des Zellenstapels entsprechende Zahl von Schaltstellungen aufweisen, die eine Größenordnung von 20 bis 30 (bei Doppelschichtkon-



densatoren) erreichen kann. Dieser Umschalter kann beispielsweise als CMOS-Schalter ausgeführt sein.

Vom Oszillatortakt T1 des Oszillators OSZ werden die aus Figur 2 bekannten beiden Wechselstromquellen I1 und I2 gesteuert, wovon die erste Wechselstromquelle I1 einen Wechselstrom über den Umschalter UM je nach dessen Schaltstellung in einen der Kondensatoren C1 oder C2 bis Cn einspeist, während die zweite Wechselstromquelle I2 einen Wechselstrom in den Kondensator C3 der Referenzschaltung REF einspeist, die neben diesem Kondensator C3 wieder zwei Dioden D3 und D4 aufweist, deren Verbindungspunkt mit dem Kondensator C3 verbunden ist.

Der Ausgang des Umschalters UM und der nicht mit den Dioden D3, D4 verbundene Anschluss des Kondensators C3 sind mit den Eingängen a und b des Differenzverstärkers Diff1 verbunden, dessen Ausgang c mit einem vom Oszillatortakt T1 gesteuerten Gleichrichter GLR verbunden ist, an dessen Ausgang nacheinander eine der jeweiligen Zellenspannung Uz proportionale Gleichspannung V= erscheint.

Der Gleichrichter GLR kann als ein in Figur 2 oder Figur 5 dargestellter Synchronodemulator Amp1 oder Diff2 ausgebildet sein.

Das Ausgangssignal V= des Gleichrichters GLR entspricht im eingeschwungenen Zustand der Spannung Uz der jeweils mit dem Umschalter UM ausgewählten Zelle, nun aber potentialverschoben mit Bezug auf Masse GND.

Entsprechend wird mit jedem Weiterschalten des Umschalters UM die entsprechende Zellenspannung am Ausgang des Gleichrichters GLR dargestellt. Im Ergebnis werden so die einzelnen Zellenspannungen nacheinander massebezogen abgebildet.

Zur Überwachung der Zellenspannungen kann im einfachsten Falle die Spannungsfolge mit einem Grenzwertvergleicher gegen

- einen unteren und einen oberen Wert verglichen werden. Ein Überschreiten des Maximalwertes weist dabei auf eine Überspannung der Zelle hin; ein Unterschreiten des Minimalwertes auf einen Kurzschluss. Diese Information kann nun einer Überwachungseinheit zugeführt werden, die daraufhin geeignete Maßnahmen ergreift; etwa einen Abbruch des Ladevorganges, das Einleiten eines Ladeausgleichsvorganges, oder eine Information an den Fahrer, dass eine Werkstatt aufgesucht werden muss.
- 5
- 10 Die Überwachung mittels Grenzwertvergleicher ist allerdings recht grob. So ist beispielsweise die betroffene Zelle nicht identifizierbar. Auch ist bei einem Ladungsausgleichsvorgang das Erreichen des Ladungsgleichgewichtes nicht erkennbar.
- 15 Bei einer verfeinerten Überwachung mittels Microcontroller können die Spannungswerte  $V$ = nacheinander im zeitlichen Bezug zum Schalttakt des Umschalters erfasst werden, so dass eine weitere Bewertung der Zellenspannung mittels Überwachungssoftware erfolgen kann.
- 20 Beim Ladungsausgleich ist das langsame Angleichen der einzelnen Zellenspannungen erkennbar, so dass eine Beendigung des Lade- oder Umladevorganges bestimmt werden kann.
- 25 Auch ist eine Langzeitüberwachung der Einzelzellen möglich, so dass - etwa bei erkennbarem Abfall der Kapazität einer Zelle, einem Anstieg der Selbstentladung oder einem Anstieg des Innenwiderstandes einer Zelle - ein Warnhinweis abgegeben werden kann, dass ein Werkstattbesuch erforderlich ist.
- 30 Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Systems ganz wesentlich und senkt die Reparaturkosten, da nun nur noch die defekte Zelle ersetzt werden muss und nicht mehr der ganze Zellenstack.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen einzelner Zellenspannungen ( $U_z$ ) der Zellen ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) in einem Zellenstapel (ZS) eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz,
- d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,
- 10   dass parallel zu jeder Zelle ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) eine Reihenschaltung zweier Dioden ( $D_{1a}$ - $D_{1b}$  bis  $D_{na}$ - $D_{nb}$ ), die in Richtung vom Minuspol zum Pluspol der Zelle ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) stromleitend sind, angeordnet ist,
- 15   dass ein Umschalter vorgesehen ist, welcher eine der Anzahl der Zellen ( $Z$ ) des Zellenstapels (ZS) entsprechende Zahl von einzelnen Schaltstellungen zugeordneten Anschlüssen aufweist, welche über je einen Kondensator ( $C_1$  bis  $C_n$ ) mit den Verbindungspunkten der den Zellen zugeordneten Dioden
- 20   ( $D_{1a}$ - $D_{1b}$  bis  $D_{na}$ - $D_{nb}$ ) verbunden sind,
- dass eine Referenzschaltung (REF) vorgesehen ist, welche zwei in Reihe geschaltete Dioden ( $D_3$ ,  $D_4$ ) aufweist, wobei die Anode der einen Diode ( $D_4$ ) mit Bezugspotential (GND) und
- 25   mit der Katode der anderen Diode ( $D_3$ ) verbunden ist,
- dass ein Differenzverstärker (Diff1) vorgesehen ist, dessen nichtinvertierender Eingang mit dem Ausgang des Umschalters (UM) verbunden ist, und dessen invertierender Eingang über
- 30   einen Kondensator ( $C_3$ ) mit dem Verbindungspunkt der beiden Dioden ( $D_3$ ,  $D_4$ ) verbunden ist,
- dass ein gesteuerter Gleichrichter (GLR) vorgesehen ist, dessen Eingang mit dem Ausgang des Differenzverstärkers
- 35   (Diff1) verbunden ist, und an dessen Ausgang eine der Zellenspannung ( $U_z$ ) der jeweils über den Umschalter (UM) aus-

gewählten Zelle proportionale, auf Bezugspotential (GND) bezogene Gleichspannung ( $V=$ ) abgreifbar ist,

5 dass eine erste, gesteuerte Wechselstromquelle (I1) vorgesehen ist, die zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers (Diff1) und Bezugspotential (GND) angeordnet ist,

10 dass eine zweite, gesteuerte Wechselstromquelle (I2) vorgesehen ist, die zwischen dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers (Diff1) und Bezugspotential (GND) angeordnet ist, und

15 dass eine Taktsteuerung (ST) vorgesehen ist, welche einen Oszillator (OSZ) aufweist, der ein Oszillatortaktsignal (T1) ausgibt, und einen Frequenzteiler (DIV) aufweist, welcher ein Teilersignal (T2) ausgibt, wobei die beiden Wechselstromquellen (I1, I2) und der Gleichrichter (GLR) mit dem Oszillatortakt (T1) gesteuert werden und der Umschalter (UM) mit dem Teilersignal (T2) gesteuert wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
25 der Gleichrichter (GLR) als ein vom Oszillatortakt (T1) gesteuerter Synchrondemodulator (Amp1, Diff2) ausgebildet ist.

3. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach Anspruch 1,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass zum Messen der Zellenspannung ( $U_z$ ) einer bestimmten Zelle (Z1 bis Zn) des Zellenstapels (ZS) ein erster, rechteckförmiger Wechselstrom bestimmter Frequenz (T1) und Amplitude in den der Zelle zugeordneten Kondensator (C1 bis Cn) eingespeist wird, wodurch eine Wechselspannung ( $V1$ ) ent-

steht, welche der Zellenspannung ( $U_z$ ), vermehrt um die Durchlassspannungen ( $U_d$ ) der beiden zur Zelle ( $U_z$ ) parallel liegenden Dioden ( $D_{1a}$ - $D_{1b}$  bis  $D_{nn}$ - $D_{nb}$ ) entspricht,

- 5 dass ein dem ersten, rechteckförmigen Wechselstrom in Frequenz und Amplitude gleicher Wechselstrom in den der Referenzschaltung (REF) zugeordneten Kondensator ( $C_3$ ) eingespeist wird, wodurch eine auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene Wechselspannung ( $V_2$ ) entsteht, welche der Durchlassspannung ( $2 \cdot U_d$ ) der beiden der Referenzschaltung (REF) zugeordneten Dioden ( $D_3$ ,  $D_4$ ) entspricht,

- 10 dass die Differenz ( $V_1$ - $V_2$ ) der beiden Wechselspannungen ( $V_1$ ,  $V_2$ ) gebildet wird, wodurch eine der Zellenspannung ( $U_z$ ) entsprechende Wechselspannung entsteht, und

- 15 dass die der Zellenspannung ( $U_z$ ) entsprechende Wechselspannung gleichgerichtet wird, wodurch eine der Zellenspannung ( $U_z$ ) entsprechende, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene Gleichspannung ( $V=$ ) entsteht.

- 25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Verfahren nacheinander auf alle Zellen ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) des Zellenstapels (ZS) angewandt wird.

- 30 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz (Taktfrequenz  $T_1$ ) der in die Kondensatoren ( $C_1$  bis  $C_n$  und  $C_3$ ) eingespeisten Wechselströme so hoch gewählt ist, dass sich die Kondensatoren während der Periodendauer nicht wesentlich auf- oder entladen.

- 35 6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplituden der in die Kondensatoren ( $C_1$  bis  $C_n$  und  $C_3$ ) eingespeisten Wechselströme im  $\mu A$ -Bereich liegen.

7. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die der Zellenspannung ( $U_z$ ) jeder Zelle ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) entsprechende, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogene Gleichspannung ( $V=$ ) einem Grenzwertvergleich mit einem oberen und  
5 einem unteren Grenzwert unterzogen wird, wobei ein Überschreiten des oberen Grenzwertes auf eine Überspannung der zelle, und ein Unterschreiten des unteren Grenzwertes auf einen Kurzschluss der Zelle hinweist.

10

8. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass dass die den Zellenspannungen ( $U_z$ ) jeder Zelle ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) entsprechenden, auf Masse (Bezugspotential GND) bezogenen Gleichspannungswerte ( $V=$ ) gespeichert werden, wodurch beim  
15 Ladungsausgleich das langsame Angleichen einzelner Zellenspannungen ( $U_z$ ) erkennbar wird und eine Beendigung des Lade- oder Umladevorgangs bestimmbar ist, sowie eine Langzeitüberwachung jeder einzelnen Zelle ( $Z_1$  bis  $Z_n$ ) auf einen Abfall der Kapazität oder einen Anstieg der Selbstentladung oder des  
20 Innenwiderstandes erfolgen kann.

FIG. 1

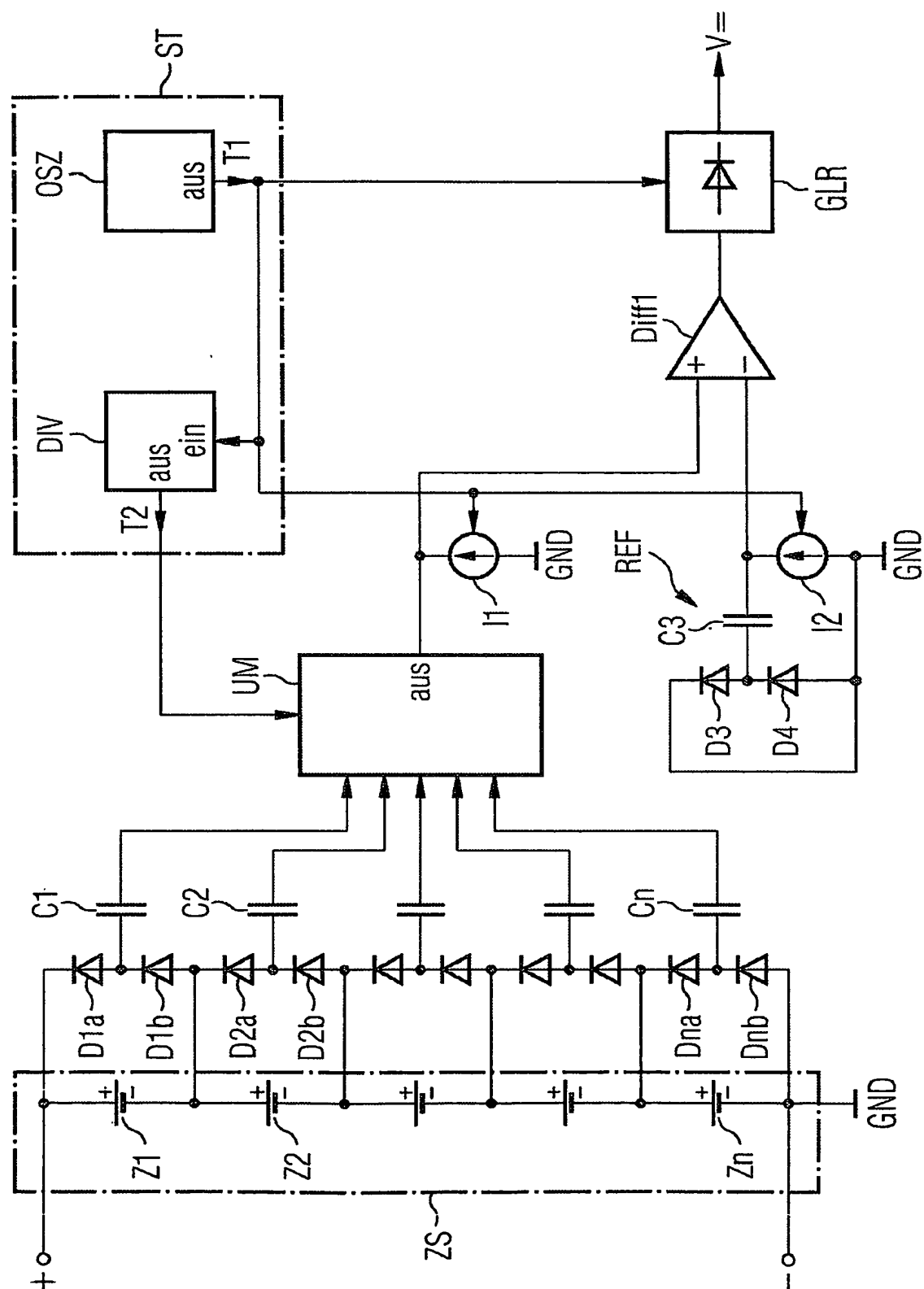
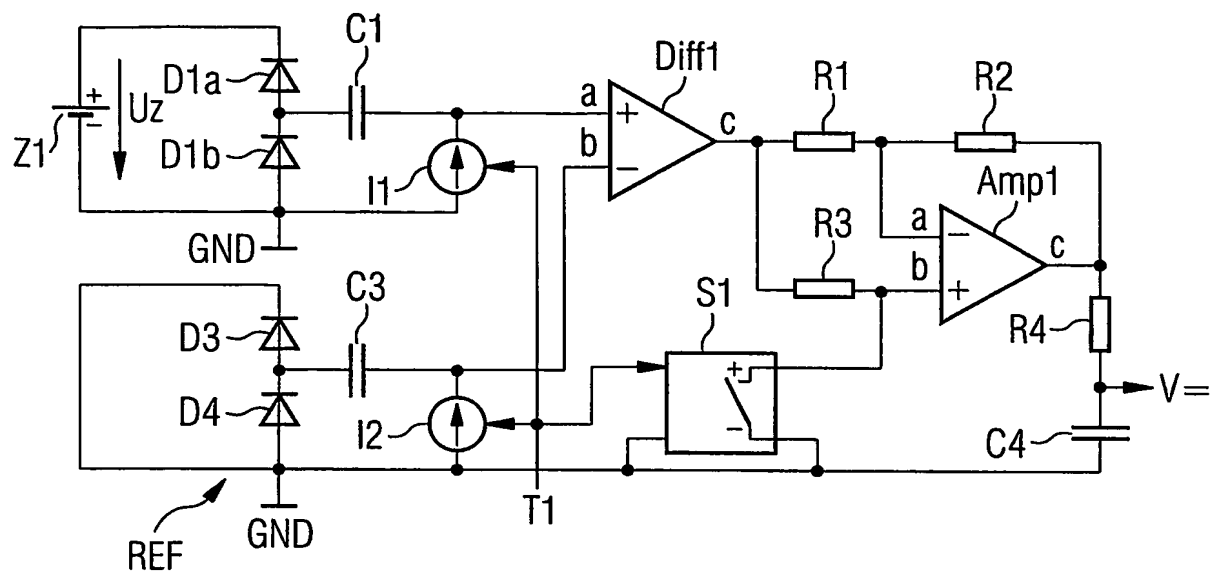
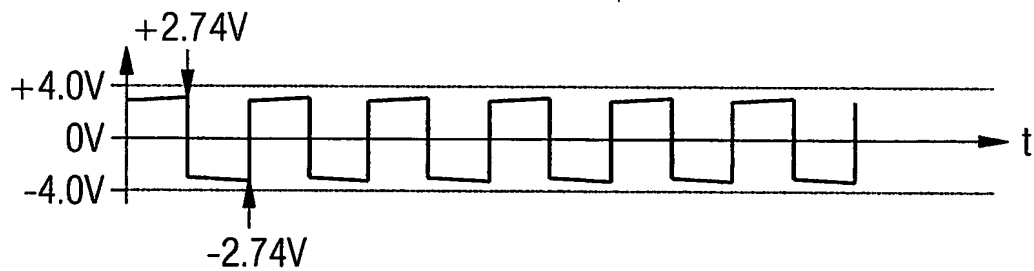


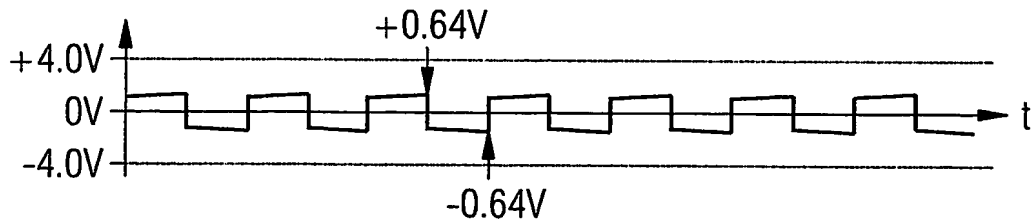
FIG 2



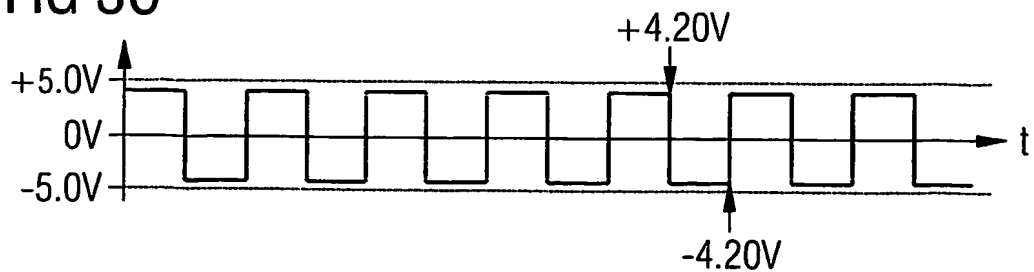
**FIG 3A**



**FIG 3B**



**FIG 3C**





3/4

FIG 4A

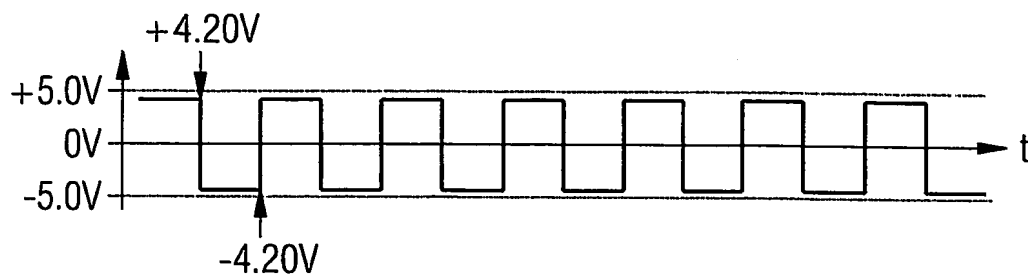


FIG 4B

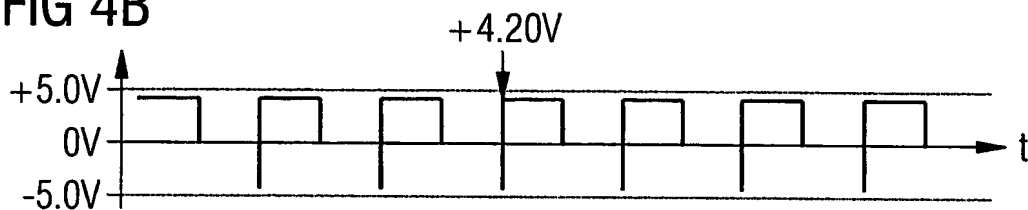


FIG 4C

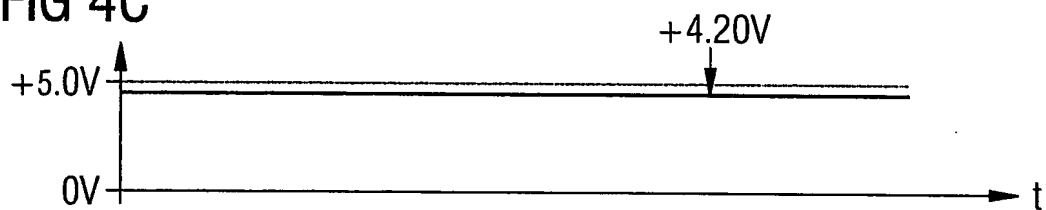


FIG 5

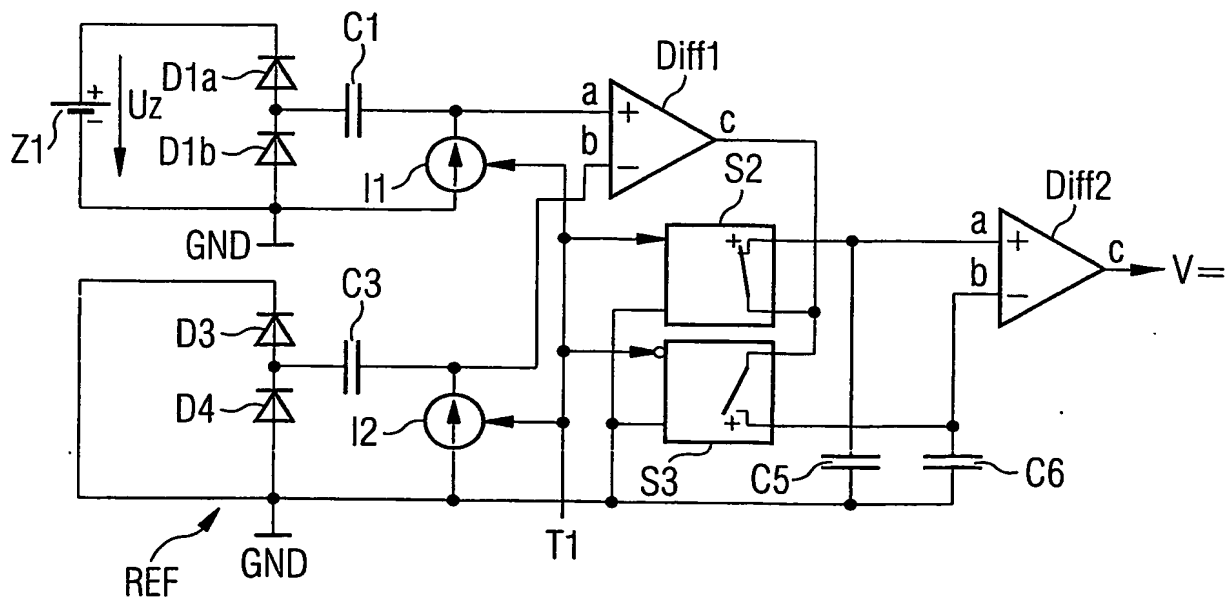


FIG 6A

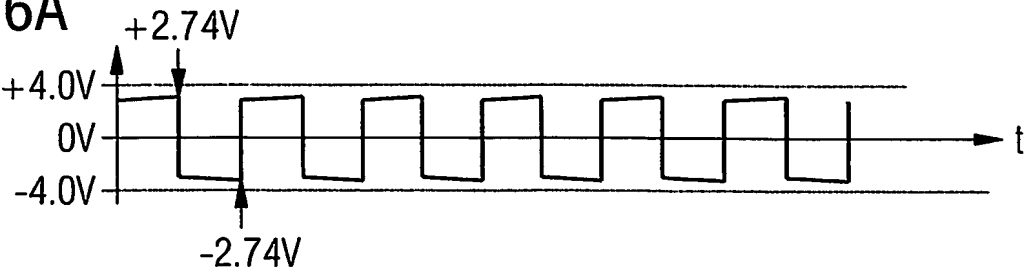


FIG 6B

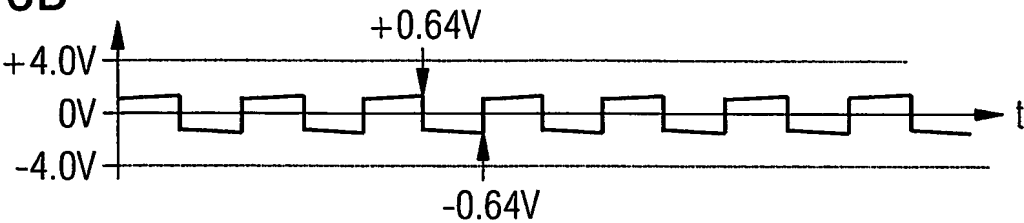


FIG 6C

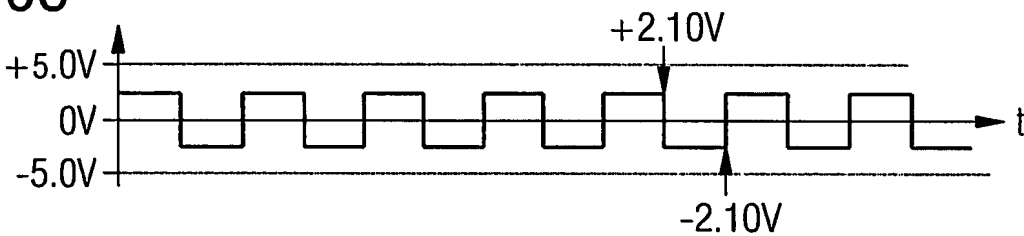


FIG 7A

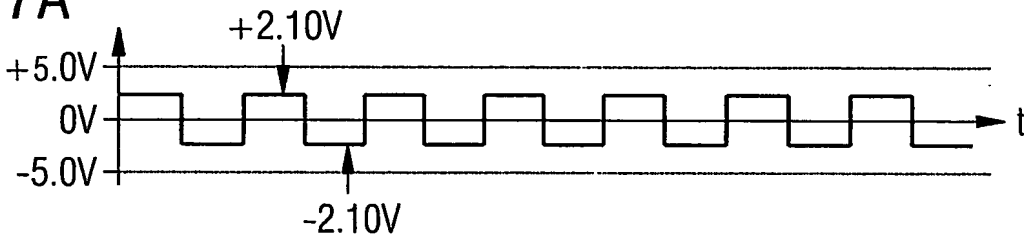


FIG 7B

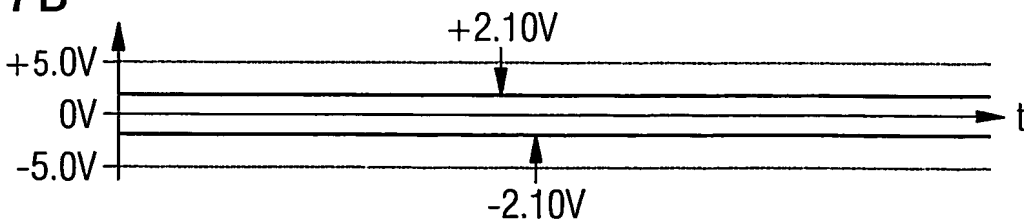
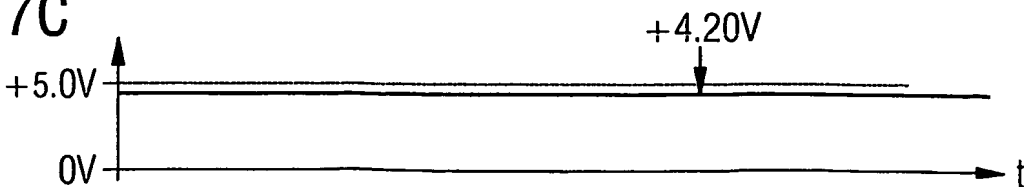


FIG 7C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PC 17/EP2004/051981

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 657 745 A (ACCUMULATEURS FIXES) 14 June 1995 (1995-06-14) abstract; figures 1-3	1, 3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 02, 26 February 1999 (1999-02-26) -& JP 10 312829 A (NIPPON SOKEN INC; TOYOTA MOTOR CORP), 24 November 1998 (1998-11-24) abstract; figures	1, 3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 01, 30 January 1998 (1998-01-30) -& JP 09 236624 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 9 September 1997 (1997-09-09) abstract; figures	1, 3
-/-		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2005

Date of mailing of the international search report

24/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fritz, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Patent Application No  
F... EP2004/051981

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WANG X ET AL: "An Op Amp transfer circuit to measure voltages in battery strings" JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, vol. 109, no. 2, 1 July 2002 (2002-07-01), pages 253-261, XP004361535 ISSN: 0378-7753 abstract; figures	1,3
A	EP 0 432 639 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 19 June 1991 (1991-06-19) cited in the application abstract; figures 3,5	1,3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No  
PCT/EP2004/051981

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0657745	A	14-06-1995	FR 2713781 A1	16-06-1995
			DE 69428660 D1	22-11-2001
			DE 69428660 T2	01-08-2002
			EP 0657745 A1	14-06-1995
			JP 7239374 A	12-09-1995
			US 5578927 A	26-11-1996
JP 10312829	A	24-11-1998	JP 3366841 B2	14-01-2003
JP 09236624	A	09-09-1997	NONE	
EP 0432639	A	19-06-1991	DE 3940928 C1	11-07-1991
			DE 59009132 D1	29-06-1995
			EP 0432639 A2	19-06-1991
			ES 2076282 T3	01-11-1995

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051981

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 G01R31/36		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01R		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 657 745 A (ACCUMULATEURS FIXES) 14. Juni 1995 (1995-06-14) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 -----	1,3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 02, 26. Februar 1999 (1999-02-26) -& JP 10 312829 A (NIPPON SOKEN INC; TOYOTA MOTOR CORP), 24. November 1998 (1998-11-24) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 01, 30. Januar 1998 (1998-01-30) -& JP 09 236624 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 9. September 1997 (1997-09-09) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,3
-/--		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">14. Januar 2005</div>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">24/01/2005</div>
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Fritz, S</div>

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

II Nationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051981

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WANG X ET AL: "An Op Amp transfer circuit to measure voltages in battery strings" JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, Bd. 109, Nr. 2, 1. Juli 2002 (2002-07-01), Seiten 253-261, XP004361535 ISSN: 0378-7753 Zusammenfassung; Abbildungen</p>	1,3
A	<p>EP 0 432 639 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 19. Juni 1991 (1991-06-19) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 3,5</p>	1,3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ☐ Nationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051981

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0657745	A	14-06-1995	FR	2713781 A1	16-06-1995
			DE	69428660 D1	22-11-2001
			DE	69428660 T2	01-08-2002
			EP	0657745 A1	14-06-1995
			JP	7239374 A	12-09-1995
			US	5578927 A	26-11-1996
JP 10312829	A	24-11-1998	JP	3366841 B2	14-01-2003
JP 09236624	A	09-09-1997	KEINE		
EP 0432639	A	19-06-1991	DE	3940928 C1	11-07-1991
			DE	59009132 D1	29-06-1995
			EP	0432639 A2	19-06-1991
			ES	2076282 T3	01-11-1995



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**